

Так для кинематического волнового редуктора с иным профилем зубьев модифицированного зацепления Новикова (рис. 2), было установлено, что нагрузка при вращении перераспределяется с незначительными колебаниями (рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 76093 РФ. МПК F16H 1/10 (2006.01). Самотормозящийся волновой редуктор / П.Я. Крауиньш, Д.П. Крауиньш, С.А. Смайлов, А.В. Иоппа, Сеунг-Су Йеом. Заявлено 04.03.2008; Опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25.
2. Пат. 2491455 РФ. МПК F16H 1/32 (2006.01). Волновой редуктор с эксцентриковыми роликами / Н.В. Крылов, М.В. Борисов, С.Л. Самсонович, В.С. Степанов. Заявлено 09.04.2012; Опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24.
3. Пат. 2564556 РФ. МПК F16H 1/32 (2006.01). Двухступенчатый конический волновой редуктор / Б.И. Иванов, А.В. Давыдов, С.В. Казаков, Е.Л. Межирицкий, В.А. Немкевич, Д.Б. Смирнов. Заявлено 01.07.2014; Опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28.
4. Краснощеков Н.Н., Федякин Р.В., Чесноков В.А. Теория зацепления. – М.: Наука, 1976. – 175 с.
5. Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении (Теория эвольвентных зубчатых передач). – М.: Машгиз, 1962. – 530 с.
6. Павленко А.В., Федякин Р.В., Чесноков В.А. Зубчатые передачи с зацеплением Новикова. – Киев: Техника, 1978. – 144 с.
7. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
8. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.

УРАВНЕНИЯ ПРОФИЛЯ ВЕНЦА ДЛЯ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

В.С. Коротков, Гуаньцин Лао

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: kvs@tpu.ru

EQUATIONS OF TOOTHING PROFILE FOR A WAVE GEAR

V.S. Korotkov, Guanqing Lao

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. *The geometric parameters of the tothing of the wave gear with intermediate rolling solids is considered. A coordinate system is selected. The parametric equations of the profile of the rim are derived. In order to improve transmission efficiency and to reduce its running-in period the equations for the rounded edges of tothing are deduced. The product is intended for use in the construction of the power tool electric drill on the basis of the commutator motor with a useful capacity of 1 kW.*

В [1, 2] описана конструкция ручной машины (РМ) электробур на базе коллекторного двигателя с волновой передачей с промежуточными телами качения (ПТК). Отличительной особенностью привода РМ является его малая масса и габаритные размеры. В [3] получены параметрические уравнения профиля венца волновой передачи с ПТК. Профиль представляет собой эпициклоиду с количеством впадин, равным числу тел качения передачи плюс одна. Такой профиль венца имеет острые кромки в местах перехода от одной впадины к другой. На начальном этапе приработки передачи происходит интенсивный износ этих кромок, и продукты износа попадают в места контакта тел качения с венцом, что снижает коэффициент полезного действия передачи. С целью устранения этого недостатка получены уравнения профиля венца со скругленными кромками.

Для получения параметрических уравнений профиля венца со скругленными кромками введем новую систему координат и обозначения, не изменяя кинематической схемы механизма (рис.1).

Обозначим $OO_1 = \vec{L}_1$; $O_1O_2 = \vec{L}_2$; $OO_2 = \vec{L}_3$, тогда: $\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{L}_3$
 Применив преобразование Эйлера, параметрические уравнения профиля венца запишем в виде:

$$\begin{cases} x = L_3 \cdot \cos(\varphi_3) + 0,5 \cdot Du \cdot \cos(\varphi_3 - \alpha) \\ y = L_3 \cdot \sin(\varphi_3) + 0,5 \cdot Du \cdot \sin(\varphi_3 - \alpha) \end{cases} \quad (1)$$

Du – диаметр тела качения (шарика или ролика).

Угол передачи движения находим по зависимости:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{V_r}{V_t}; \quad (2)$$

V_r – радиальная составляющая скорости движения центра O'_2 ,

V_t – тангенциальная составляющая скорости движения центра O'_2 .

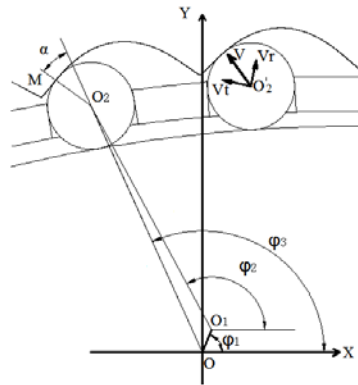


Рис.1. Новая система координат: OO_1 – эксцентриситет генератора; OO_2 – расстояние между центрами венца и ролика; O_1O_2 – расстояние между центрами генератора и ролика; φ_1 , φ_3 – текущий угол генератора и сепаратора; φ_2 – угол поворота воображаемого шатуна (O_1O_2); α – угол передачи движения

Выведем уравнения для получения скругленных кромок выступов венца. Для этого изобразим расчетную схему (рис.2).

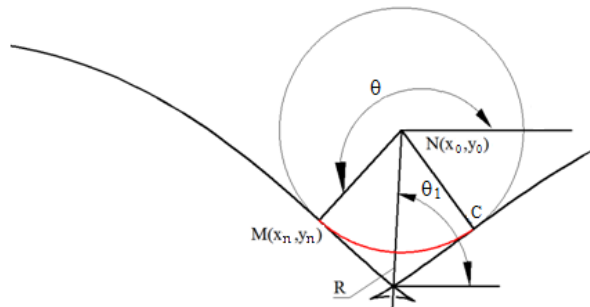


Рис. 2. Расчетная схема MC – дуга скругления выступов; $N(x_0, y_0)$ – координаты центра скругляющей окружности; R – расстояние между центрами венца и скругляющей окружности; NC – радиус скругляющей окружности (r); θ – угол между перпендикуляром к касательной линии в точке M и осью X ; θ_1 – угол между отрезком R и осью X

Радиус скругляющей окружности выбирается в зависимости от диаметра тела качения в диапазоне: $r = 0,5 \dots 0,55 Du$.

Тогда уравнения для дуги скругления запишем в виде:

$$\begin{cases} x=R\cdot\cos(\theta_1)+r\cdot\cos(\theta+\Delta\theta) \\ y=R\cdot\sin(\theta_1)+r\cdot\sin(\theta+\Delta\theta) \end{cases} \quad (3)$$

Углы θ и θ_1 находим по зависимостям:

$$\theta = \phi_3 - \alpha + \pi; \quad (4)$$

$$\theta_1 = \pi/2 - \pi/U. \quad (5)$$

Координата центра скругляющей окружности $N(x_0, y_0)$ находится в точке пересечения отрезков R и MN , заданных функциями:

$$\begin{cases} y_0 = k_1 x_0 \\ y_0 = k_2 (x_0 - x_n) + y_n \end{cases} \quad (6)$$

где: $k_1 = \operatorname{tg}(\pi/2 - \pi/U)$ – для прямой R ; $k_2 = \operatorname{tg}(\phi_3 - \alpha)$ – для прямой MN .

Таким образом, определены все необходимые уравнения для построения профиля венца волновой передачи с промежуточными телами качения со скругленными кромками.

По полученным зависимостям (1, 2) рассчитаны координаты профиля венца передачи с промежуточными телами качения в программе MatCad 15. По этим координатам построена эпициклоида с острыми кромками (рис. 3) с характерными петлями в местах перехода от выступа к впадине (рис. 4).



Рис. 3. Фрагмент эпициклоиды

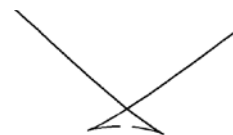


Рис. 4. Петля на острой кромке

Затем были рассчитаны координаты эпициклоиды со скругленными кромками по уравнениям (3–6) и в программе AutoCad построена кривая профиля венца (рис.5).



Рис. 5. Фрагмент эпициклоиды со скругленными кромками

Файл с эпициклоидой профиля венца загружался в программу ADEM, где создавалась управляющая программа, которая передавалась на УЧПУ станка Emco Concept Mill 155.

В результате проделанной работы получены уравнения для построения профиля венца волновой передачи с промежуточными телами качения со скругленными кромками. По расчетным координатам создана управляющая программа для станка с ЧПУ и изготовлена модель изделия. Профильный венец со скругленными кромками снизит время приработки передачи, исключит попадание большого количества продуктов износа в зону контакта промежуточных тел качения с венцом, что приведет к повышению коэффициента полезного действия, а также надежности и долговечности передачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 52067 Российская Федерация, МПК E21B 3/02. Электробур с редуктором с промежуточными телами качения. / В.С.Коротков. - №2005124607/22; Заявлено 02.08.2005; опубл. 10.03.2006, Бюл. №7.
2. Коротков В.С., Разумов С.В. Привод с редуктором с ПТК для ручной машины электробур // Справочник. Инженерный журнал. – 2014. – №9. – С. 58–61.

3. Панкратов Э.Н. Проектирование механических систем автоматизированных комплексов для механообрабатывающего производства: Практикум лидера-проектировщика. - Томск: ТГУ, 1998. – 295 с.

ОБЩАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ В ТРАНСПОРТНОМ МЕХАНИЗМЕ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Г.Р. Зиякаев, Ф.А. Симанкин, К.К. Манабаев, Е.Ю. Валитова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: simankinf@tpu.ru

GENERAL SCHEME OF LOAD DISTRIBUTION IN THE ORBITAL TRANSPORT MECHANISM

G.R. Ziyakaev, F.A. Simankin, K.K. Manabaev, E.Yu. Valitiva

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. A schematic model of the load distribution in the orbital transport mechanism of non-destructive testing system welded joints is described. An example of results of calculations using the proposed model is given. The model is implemented in the software MathCAD.

Современные магистральные трубопроводы представляют собой сочленения отрезков труб стандартной длины. Отрезки труб являются основными элементами, формирующими трубопровод. Эти отрезки режутся, свариваются и контролируются различными устройствами, объединенными одним типом движения – орбитальным перемещением относительно оси трубы. Исполнительными органами могут быть резак для операции отрезания, либо сварочные головки – для операции сваривания, либо чувствительный элемент системы неразрушающего контроля, например цифровая рентгенографическая панель, ультразвуковой детектор, камера визуального контроля.

Для орбитального движения характерны замкнутая кольцевая траектория и постоянная направленность одной из поверхностей движущегося объекта на ось вращения. Теме механизмов, перемещающих полезную нагрузку при неразрушающем контроле трубопроводов посвящен ряд работ [1, 2], но найти информацию по оценке усилий в механизмах осуществляющих орбитальное перемещение не удалось. Однако, вопрос этот весьма актуален. Для исследования особенностей процесса орбитального перемещения сканера кольцевых трубных швов на основе механизма с тяговой цепью и точной оценки требуемой мощности привода механизма орбитального перемещения необходимо подобрать соответствующую методику расчета. Для этого следует составить расчетную схему устройства, учитывающую как можно больше сил, действующих в системе. В дальнейшем, на основе методики можно будет проводить расчеты при конструировании механизмов орбитального перемещения на основе тяговой цепи.

Для оценки величин сил, действующих на тележку, необходимо исследовать распределение нагрузок в различных положениях тележки относительно трубы. В дальнейшем, рассмотренные частные случаи следует объединить и развить в более общую схему, с достаточной степенью точности описывающую любое возможное положение тележки на трубе, в упрощенном виде схема представлена на рис.1.

В данной силовой схеме учтены следующие составляющие: T_1, T_2 – силы натяжения цепи; $G_{\text{тел}}$, $G_{\text{дв}}$ – силы тяжести тележки и двигателя; N_1, N_2 – силы реакции опор катков; $F_{\text{пр}}$ – сила упругости пружины.

Из полученных уравнений равновесия для блока выводим зависимости для определения силовых характеристик привода МОП, которые выглядят следующим образом:

$$T_1 = \frac{F_{\text{пр}}}{2 \cos \beta} + \frac{F_{\text{пол}}}{2 \sin \beta} + \frac{G_{\text{дв}} \cdot \sin \alpha}{2 \sin \beta} - \frac{G_{\text{дв}} \cos \alpha}{2 \cos \beta}; T_2 = \frac{F_{\text{пр}}}{\cos \beta} - T_1 - \frac{G_{\text{дв}} \cos \alpha}{\cos \beta}$$